



ISSN: 1984-3151

MEDIÇÕES ELETROACÚSTICAS DE UM ESTÚDIO DE LOCUÇÃO: O CASO DA RÁDIO ITATIAIA

ELETRACOUSTICS MEASUREMENTS OF A VOICEOVER STUDIO: THE ITATIAIA RADIO CASE

Matheus Perillo¹; Fabrício Aleksandro da Silva²; Igor Amariz Pires³

- 1 Engenheiro Eletricista. Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, 2011. Rádio Itatiaia. Belo Horizonte, MG. matheuserillo@itatiaia.com.br;
- 2 Engenheiro Eletricista. Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, 2011. CEMIG. Belo Horizonte, MG. fabricaoleksilva@hotmail.com
- 3 Doutor em Engenharia Elétrica. PPGE/UFMG, 2011. Professor do Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH. Belo Horizonte, MG. igor.pires@prof.unibh.br.

Recebido em: 30/10/2011 - Aprovado em: 14/12/2011 - Disponibilizado em: 30/12/2011

RESUMO: Este trabalho apresenta medições eletroacústicas do estúdio principal de locução da Rádio Itatiaia. Inicialmente foram apresentados conceitos básicos na área de áudio. Em seguida, a metodologia e os resultados coletados foram discutidos. O estudo da acústica no estúdio tem por objetivo a obtenção de excelente qualidade de som dentro um estúdio de locução.

PALAVRAS-CHAVE: Áudio, Estúdio de locução, Medidas Eletroacústicas.

ABSTRACT: This paper presents electroacoustic measurements in the principal voiceover studio of Itatiaia Radio. Initially, basic concepts about audio have been presented. Then, the methodology and the experimental results were discussed. The actual acoustic study aims the achievement of an excellent audio quality inside the voiceover studio.

KEYWORDS: Audio, Voiceover Studio, Electroacoustic Measurements.

1 INTRODUÇÃO

A primeira transmissão de rádio ocorreu por volta do ano de 1906, nos Estados Unidos da América enquanto a transmissão pela televisão se deu por volta do ano de 1928 (FERRARETTO, 2001). Durante esses processos, houve necessidade de se fechar uma sala para que se pudessem fazer as transmissões e também gravações de programas de rádio e TV sem nenhuma interferência externa.

Entretanto, após o fechamento das salas, começaram problemas de reverberação e até mesmo eco dentro dos grandes ambientes.

A partir da criação das salas fechadas para transmissão, denominadas estúdios, iniciaram-se os estudos da acústica com a finalidade de minimizar e proporcionar resultados significativos para se ter uma excelente qualidade de som dentro destes ambientes.

Com base no exposto questionam-se como minimizar os ruídos e reverberação durante as transmissões

visando obter uma qualidade sonora dentro das salas de locução e gravação.

O trabalho tem por objetivo principal desenvolver um projeto para minimização dos ruídos e reverberação ocorrentes durante as transmissões, visando obter uma qualidade sonora dentro das salas de som de um estúdio de locução e gravação. Como objetivos específicos, foram realizadas medições eletroacústicas do estúdio (resposta de frequência, tempo de reverberação e estrutura de ganho) para identificar as falhas do processo de transmissão e propor um plano corretivo para minimizar os ruídos e reverberação do estúdio de transmissão da Rádio Itatiaia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção trata dos conceitos básicos na área de áudio. Serão abordados os seguintes conceitos: som, ruído, medidor de nível de pressão sonora e microfone.

2.1 SOM

Segundo (BISTAFA, 2006), o som pode ser pesquisado pelo lado físico, ou pelo psicológico. Pelo lado físico pode-se questionar, por exemplo: que há som quando tomba uma árvore num parque onde não há ninguém para ouvir o barulho da queda. Neste aspecto o entendimento é físico, ou seja, há produção de som sempre que um objeto é posto a vibrar, ou quando ocorre o estímulo físico.

Do lado psicológico, a explicação é que quando essas vibrações são transmitidas até os ouvidos, experimenta-se a sensação da audição. Tal postulado pressupõe a existência de um meio através do qual o som possa se propagar. Para que isso seja possível, basta que o meio possua elasticidade e inércia, como no caso do ar (CYSNE, 2006).

Para que esse som seja detectado pelo sistema auditivo humano, necessário uma variação da pressão ambiente.

O som pode ser definido como uma variação da pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo. Ao nível do mar, a pressão ambiente é de 101.350 Pa^1 . A menor variação de pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo é da ordem de $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}^2$. Essa pressão chama-se limiar da audibilidade. E a variação de pressão ambiente capaz de provocar dor é o limiar da dor, sendo da ordem de 60 Pa (BISTAFA, 2006).

De acordo com (FERNANDES, 2005) a propagação do som no ar se dá a partir da fonte geradora, em todas as direções. Por ser uma vibração longitudinal das moléculas do ar, esse movimento oscilatório é transmitido de molécula para molécula, até chegar aos ouvidos humanos, gerando a audição. Tal situação é conhecida como Princípio Huygens-Fresnel³ e se aplica a essa propagação: cada molécula de ar, ao vibrar, transmite para a vizinha a sua oscilação, se comportando como uma nova fonte sonora.

Segundo o autor, ao ar livre, a propagação do som se dá a partir da fonte geradora, com a formação de ondas esféricas. Essas ondas terão um comprimento e uma velocidade de propagação.

O autor também afirma que a velocidade de propagação do som depende da densidade e da pressão do ar, onde obtém a velocidade $V=344,44 \text{ m/s}$. O fator que mais influencia na velocidade do som é a temperatura.

¹ BISTAFA (2006, p. 6) entende que Pa é o símbolo de pascal, unidade de pressão no Sistema Internacional de Unidades de Medida. Corresponde a 1 newton por metro quadrado (1 N/m^2).

² BISTAFA (2006, p. 6) afirma que por ser incômodo trabalhar com números com muitos zeros, é comum nestes casos utiliza-se a chamada notação científica, em que $0,00002$ escreve-se 2×10^{-5} , assim como 200.000 escreve-se 2×10^5 .

³ Christiaan Huygens (Haia, 14 de abril de 1629 — Haia, 8 de julho de 1695) foi um matemático, astrônomo e físico neerlandês.

O autor diz também que outro fator importante na propagação do som é a atenuação. O som ao se propagar sofre uma diminuição na sua intensidade, causada por dois fatores:

- Dispersão das ondas: O som ao se propagar no ar livre (ondas esféricas) tem a sua área de propagação aumentada, em função do aumento da área da esfera. Como a energia sonora (energia de vibração das moléculas de ar) é a mesma, ocorre uma diluição dessa energia, causando uma atenuação na intensidade. A cada vez que se dobra a distância da fonte, a área da esfera aumenta quatro vezes, diminuindo a intensidade sonora em quatro vezes, ou 6 dB.
- Perdas entrópicas: Em uma onda sonora, onde acontecem sucessivas compressões e rarefações, ocorrem pequenos aumentos e diminuições na temperatura do ar. Pela 2ª Lei da Termodinâmica, sempre que se realiza uma transformação energética, acontece uma perda, ou seja, parte da energia se perde em forma de calor. É a chamada perda entrópica. Sem a existência desta perda, seria possível o moto-contínuo. Assim, na propagação do som, parte da energia se transforma em calor, atenuação esta que depende da frequência do som, temperatura e umidade relativa do ar.

Na propagação, o ar oferecendo maior resistência à transmissão de altas frequências causa uma distorção no espectro de frequências. Por isso que nos sons produzidos a grandes distâncias, ouve-se com maior nível os sons graves, ou seja, os sons agudos são atenuados na propagação segundo o autor.

Quando se tem um obstáculo, ou interpõe uma superfície no avanço de uma onda sonora, esta se divide em várias partes: uma quantidade é refletida, outra é absorvida e outra atravessa a superfície.

O autor diz que se uma onda sonora que se propaga no ar encontra uma superfície sólida como um obstáculo a sua propagação, esta é refletida, segundo as leis da Reflexão Ótica. A reflexão em uma superfície é diretamente proporcional à dureza do material. Paredes de concreto, mármore, vidro, etc. refletem quase que 100% do som incidente. Um ambiente que contenha paredes com muita reflexão sonora, sem um projeto acústico aprimorado, terá uma péssima inteligibilidade da linguagem.

O autor também cita que a absorção é a propriedade de alguns materiais em não permitir que o som seja refletido por uma superfície. Os materiais absorventes acústicos são de grande importância no tratamento de ambientes. A Norma Brasileira NB 101 especifica os procedimentos para o tratamento acústico de ambientes fechados. A dissipação da energia sonora por materiais absorventes depende fundamentalmente da frequência do som: normalmente é grande para altas frequências, diminuindo para valores muito pequenos para baixas frequências.

A transmissão é a propriedade sonora que permite que o som passe de um lado para outro de uma superfície, continuando a sua propagação. Fisicamente, a onda sonora ao atingir uma superfície faz com que ela vibre, transformando-a em uma fonte sonora. Assim a superfície vibrante passa a gerar som em sua outra face. Portanto, quanto mais rígida e densa for a superfície, menor será a energia transmitida (FERNANDES, 2005).

O que também ocorre com o som segundo o autor, é a difração. Pelo princípio de Huygens-Fresnel, pode-se entender que o som é capaz de rodear obstáculos ou propagar-se por todo um ambiente, através de uma abertura. A essa propriedade é dado o nome de difração. Os sons graves (baixa frequência) atendem melhor a esse princípio.

A difração de um som em um obstáculo depende do valor relativo entre o tamanho do obstáculo e o

comprimento de onda do som. O mesmo ocorre com o avanço do som através de um orifício, quando o comprimento de onda do som é muito menor que o comprimento do obstáculo ou furo, existirá uma sombra acústica, de acordo com o autor.

Os sons graves (sons de baixa frequência e de grande comprimento de onda) têm maior facilidade em propagar-se no ar, como também uma maior capacidade de contornar obstáculos.

Segundo (FERNANDES, 2005), Quando um som é gerado dentro de um ambiente, escuta-se primeiramente o som direto, e em seguida, o som refletido. No caso em que essas sensações se sobrepõem, confundindo o som direto e o refletido, tem-se a impressão de uma audição mais prolongada. A esse fenômeno se dá o nome de reverberação.

O autor define-se como tempo de reverberação o tempo necessário para que depois de cessada a fonte, a intensidade do som se reduza de 60 dB. Se as paredes do local forem muito absorventes (pouco reflexivas), o tempo de reverberação será muito pequeno, caso contrário ocorrerão muitas reflexões e o tempo de reverberação será grande. Mais sobre reverberação será citado adiante.

Segundo (FERNANDES, 2005), o eco é uma consequência imediata da reflexão sonora. Define-se eco como a repetição de um som que chega ao ouvido por reflexão 1/15 de segundo ou mais, depois do som direto. Considerando-se a velocidade do som em 345 m/s, o objeto que causa essa reflexão no som deve estar a uma distância de 23 m ou mais.

Refração é o nome dado a mudança de direção que sofre uma onda sonora quando passa de um meio de propagação para outro. Essa alteração de direção é causada pela variação da velocidade de propagação que sofre a onda. O principal fator que causa a refração do som é a mudança de temperatura do ar (FERNANDES, 2005).

Ressonância, de acordo com (FERNANDES, 2005) é a coincidência de frequências entre estados de vibração de dois ou mais corpos. Sabe-se que todo corpo capaz de vibrar, sempre o faz em sua frequência natural. Quando se tem um corpo vibrando na frequência natural de um segundo corpo, o primeiro induz o segundo a vibrar; eles estão em ressonância.

Na audição simultânea de dois sons de frequências distintas, pode ocorrer que o som de maior intensidade supere o de menor, tornando-o inaudível ou não inteligível. Diz-se que houve um mascaramento do som de maior intensidade sobre o de menor intensidade. O efeito de mascaramento se torna maior quando os sons têm frequências próximas (FERNANDES, 2005).

Outro fenômeno são as ondas estacionárias. De acordo com (FERNANDES, 2005), é um fenômeno que ocorre em recintos fechados. Consiste na superposição de duas ondas de igual frequência que se propagam em sentido oposto. Ao se sobreporem, a coincidência dos comprimentos de onda faz com que os nós e os ventres ocupem alternadamente as mesmas posições, produzindo a impressão de uma onda estacionária. Em locais fechados, o som refletido em uma parede plana e o som direto podem criar esse efeito, causando graves problemas acústicos para o ambiente.

Muito importante também é o eco pulsatório. Ocorre quando existe a sobreposição de ondas refletidas cujos caminhos percorridos se diferenciam de um número inteiro de comprimentos de onda.

O Efeito Doppler-Fizeau é um outro fenômeno muito importante. Ele ocorre quando a fonte ou o observador se movem (com velocidade menor que a do som) é observada uma diferença entre a frequência do som emitido e recebido. Essa característica é conhecida como Efeito Doppler-Fizeau, torna o som mais agudo quando as fontes se aproximam e mais grave no caso de se afastarem.

2.3 Ruído

O ruído de acordo com (FERNANDES, 2005), é todo fenômeno acústico não periódico, sem componentes harmônicos definidos; ou seja, ruído é toda sensação auditiva desagradável ou insalubre.

O autor também afirma que fisicamente o ruído é um som de grande complexidade, resultante da superposição desarmônica de sons provenientes de várias fontes. Seu espectro sempre será uma confusa composição de harmônicos sem qualquer classificação ou ordem de composição. Normalmente seu espectro é de banda larga (de frequências), compacto e uniforme, sendo comum aparecer uma maior predominância de uma faixa de frequências (graves, médias ou agudas).

Por conter um grande número de frequências, alguns ruídos foram padronizados, sendo usados em testes e calibração de equipamentos eletroacústicos. Os principais são (FERNANDES, 2005):

- Ruído aleatório: É o ruído cuja densidade espectral de energia é próxima da distribuição de Gauss.
- Ruído branco: É o ruído cuja densidade espectral de energia é constante para todas as frequências audíveis. O som de um ruído branco é semelhante ao de um televisor “fora do ar”.
- Ruído rosa: É o ruído cuja densidade espectral de energia é constante para todas as frequências.

2.3.1 Medidor de Nível de Pressão Sonora (Decibelímetro)

Segundo (FERNANDES, 2005), a instrumentação para medição de ruído é a única que tem regulamentação internacional e a que apresenta a maior versatilidade de opções de modelos com

diferentes graus de exatidão. Os medidores de precisão constam normalmente de microfone, atenuador, circuitos de equalização, circuitos integradores, mostrador (digital ou analógico) graduado em dB conforme FIG. 1.



Figura 1 – Decibelímetro Phonic PAA3
Fonte – PHONIC, 2011

As curvas de ponderação (ou equalização) dos medidores são usadas para que o aparelho efetue as medições do ruído de acordo com a sensibilidade do ouvido humano. Essa equalização é dada pela curva que atenua os sons graves, dá maior ganho para a banda de 2 a 5 kHz, e volta a atenuar levemente os sons agudos.

O autor também destaca que os medidores de nível de pressão sonora usam duas constantes de tempo, aceitas internacionalmente. São os tempos correspondentes às respostas lenta (slow), de um segundo e, rápida (fast), de 0,125 segundos. O medidor apresenta em seu mostrador a média quadrática (RMS = Root Mean Square) das variações da pressão do som dentro do tempo especificado pela constante do tempo. É escolhido o valor RMS da pressão sonora porque ele relata fielmente a energia contida na onda sonora.

A Norma Brasileira específica para medição de ruído é a NBR 7731 (Guia para Execução de Serviços de Medição de Ruído Aéreo e Avaliação de seus Efeitos sobre o Homem), ela cita que a medição do ruído depende fundamentalmente dos seguintes aspectos:

- O tipo de problema do ruído: Qual a razão do ruído ser um problema;

- A categoria do ruído: Se trata de ruído contínuo, flutuante ou de impacto;
- A categoria do campo acústico: A existência de superfícies refletoras de som;
- Grau de precisão: A sofisticação das medidas.

Quanto aos métodos de medição, a Norma cita três:

- Método de levantamento acústico: É um simples levantamento do campo acústico usando o medidor com a curva de ponderação em A ou C. Caso haja necessidade de maior precisão é necessário consultar as Normas IEC 179.
- Método de Engenharia Acústica: A medição é feita por faixas de frequência. Devem-se usar equipamentos de grande precisão de acordo com as Normas Internacionais.
- Método Acústico de Precisão: Deve ser feita a análise do ruído por faixas de frequência, utilizando-se até mesmo de laboratórios de acústica.

2.4 MICROFONES

De acordo com (DO VALLE, 2002), denomina-se transdutor qualquer dispositivo que transforma um tipo de energia em outro. No áudio têm-se alguns tipos de transdutores como, por exemplo, o alto-falante que transforma energia elétrica em energia acústica (som) e o microfone que converte o som em sinal elétrico.

O autor também afirma que quando um fio condutor de eletricidade se movimenta em relação ao campo magnético de um ímã, ocorre uma variação de fluxo magnético que atravessa o fio. Quando isso ocorre, é induzida no fio uma corrente elétrica.

Se, em vez de um fio reto, tiver espiras, o mesmo fio atravessará n vezes o campo magnético. Se o fio se move em relação ao campo magnético, é induzida

uma tensão n vezes maior, porque a cada espira, é mais uma vez que o fio atravessa o campo.

Este conjunto de espiras é denominado bobina e aparece não somente nos microfones, mas em muitos outros componentes elétricos, como os indutores, transformadores, motores e alto-falantes.

O alto-falante comum tem uma construção basicamente idêntica à do microfone dinâmico, um conjunto magnético e uma bobina acoplada a um cone. A diferença é no sentido da transdução, a corrente elétrica aplicada à bobina, faz deslocar-se em relação ao ímã, fazendo vibrar o cone que produz o som.

Uma superfície razoavelmente extensa e leve tem a propriedade de vibrar acompanhando o som que incide sobre ela. Quando a massa dessa superfície é pequena para a área, tem-se uma membrana que vibra intensamente de acordo com o som incidente.

Um microfone dinâmico é constituído de uma membrana acoplada a uma bobina móvel, a qual trabalha submetida a um forte campo magnético. Este é produzido por um ímã redondo, cuja seção é em “E”, conforme visualizado na FIG. 2. Essa membrana junto com a bobina móvel é mantida em posição por uma suspensão corrugada. Nessa suspensão, no conjunto magnético, e na membrana muito leve e ao mesmo tempo muito rígida, reside a tecnologia de fabricação deste tipo de microfone.

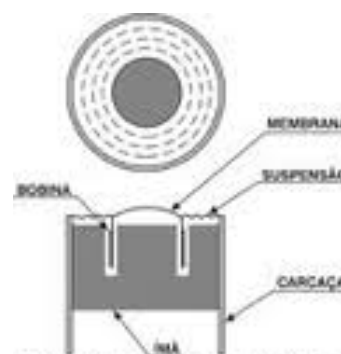


Figura 2 - Estrutura de um microfone dinâmico
Fonte – APRENDA TECNOLOGIA DIGITAL, 2011

Quando o som incide sobre a membrana, o conjunto entra em movimento acompanhando as ondas sonoras, o que faz variar o fluxo magnético através da bobina, produzindo corrente elétrica diretamente proporcional à variação da pressão no diafragma, ou seja, ao som (DO VALLE, 2002)

O mesmo autor afirma que em virtude da massa do conjunto diafragma mais a bobina e da elasticidade limitada da suspensão, sons de pequena intensidade tendem a ser ignorados pelo microfone. Diz-se que neste caso o microfone é duro. Um microfone duro atua como um filtro de dinâmica, eliminando os sons mais fracos e reproduzindo normalmente os sons mais fortes.

Quando um som de pressão exageradamente alta chega ao diafragma, a suspensão é exigida além de sua capacidade elástica. Então o diafragma não consegue mais acompanhar proporcionalmente a variação da pressão sonora, e o sinal elétrico gerado já não é uma representação fiel do som, mas uma representação deformada nas extremidades ocorre à distorção pela saturação mecânica do microfone (DO VALLE, 2002).

O microfone dinâmico extrai energia apenas do som e do ímã, ou seja, auto-suficiente, é mais fácil de usar, não requerendo fonte de alimentação externa e nem pilhas.

Quando a fonte de som está bem em frente ao microfone, a captação sempre é ideal. Quando a fonte de som não está em frente ao microfone, a captação pode sofrer vários tipos de comportamentos, como por exemplo, pode ser normal, ligeiramente rejeitada, ou bastante rejeitada, em função da variação do ganho eletroacústico em função da direção, ou seja, da diretividade do microfone. Essa diretividade em princípio independe do tipo de transdutor usado, embora certos tipos de transdutores facilitem a construção de microfones com determinado padrão direcional.

(DO VALLE, 2002) afirma que um microfone com qualquer tipo de transdutor, cujo único acesso ao diafragma seja pela frente do microfone, sofre uma variação positiva de pressão que empurrará a membrana para dentro, produzindo uma saída elétrica positiva. Se a fonte de som estiver em qualquer outra posição, uma variação positiva de pressão envolverá a carcaça do microfone, pressionando ainda a membrana para dentro e produzindo uma saída elétrica positiva. Como o corpo do microfone é geralmente pequeno em relação ao comprimento de onda, exceto microfones grandes em frequências muito agudas, a pressão positiva sempre empurra o diafragma para dentro. Neste caso, a captação do microfone não depende da direção, e diz-se que o microfone não é direcional, e sim que ele é omnidirecional. É o que capta em todas as direções (DO VALLE, 2002).

3 METODOLOGIA

O trabalho foi caracterizado por GIL (1992) como uma pesquisa experimental, do tipo estudo de caso, pois envolve o estudo profundo de um objeto de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Os procedimentos metodológicos foram iniciados pela revisão bibliográfica, que teve por finalidade nivelar o conhecimento dos pesquisadores sobre o tema e obter dados que pudessem ajudar na discussão dos resultados.

Após esta etapa, foi iniciada a coleta de dados através do levantamento das medidas utilizando um software de medição acústica Easera, uma interface de áudio Roland modelo Edirol U25, um notebook Apple MacBook Pro, um microfone de referência AcoPacific modelo 7012 junto com o Kit PS9200 que é uma interface para o microfone 7012, uma caixa acústica

ativa Yamaha HS50M e os próprios microfones modelo RE20 usados no estúdio.

O Easera é um software alemão para análise de sistemas eletrônicos e acústicos e análise de resposta. É uma poderosa ferramenta para análises acústicas e elétricas que pode ser ligado a qualquer placa de áudio usando um microfone de referência para análise de ambientes e o microfone local para resposta de frequência.

A estrutura de coleta dos dados foi montada a partir da ligação da placa de áudio Edirol UA25 no notebook. A partir desse momento calibrou-se a interface de áudio com o software, através da calibração de sua entrada com sua saída, deixando a relação das duas grandezas em zero db.

Feito isso foi conectado o microfone de referência com seu respectivo pré-amplificador na entrada da placa de áudio Edirol UA25 e uma caixa acústica Yamaha modelo HS50M na saída da placa de áudio. Depois de terminado a instalação dos equipamentos, colocou-se o microfone de referência no lugar exato que funciona o microfone do estúdio e posicionou-se a caixa acústica à sua frente com uma distância de 15 cm. Este procedimento foi realizado para as 05 posições, FIG. 3 e 4 dos microfones localizados no estúdio central da rádio Itatiaia.



Figura 3 - Vista da posição dos 05 microfones localizados no estúdio central da Rádio Itatiaia, fotografada a partir do acesso à sala
Fonte – OS AUTORES, 2011

No início das medidas coletadas foi gerado o tom, denominado “ruído rosa”, na caixa acústica ativa Yamaha HS50M, que foi captado pelo microfone de referência e seu registro foram desenhados através do espectro de frequência de cada posição de microfone.

O Ruído Rosa ou Ruído de $1/f$ é um sinal ou um processo onde o espectro de frequências como a densidade espectral de potência é inversamente proporcional à frequência do sinal. O termo originou-se pelas características desse ruído serem intermediárias entre o ruído branco ($1/f^0$) e o ruído vermelho ($1/f^2$), mais conhecido como ruído Browniano. O ruído rosa caracteriza-se por manter a potência (energia) igual entre todas as oitavas sonoras (e também em qualquer outra escala logarítmica).



Figura 4 - Vista da posição dos 05 microfones localizados no estúdio central da Rádio Itatiaia, fotografada a partir do estúdio para a área de acesso à sala
Fonte – OS AUTORES, 2011

Como o microfone de referência tem uma curva quase ideal, ou seja, mais próximo da plana, FIG. 5. Assim desenhou-se a resposta da caixa acústica para cada posição de microfone para que pudesse ser comparada com o espectro de frequência medido com cada microfone original do local.

Feito essas medidas com o microfone de referência em todas as posições, foram feitas as medidas usando os microfones que se usa no estúdio para

locação, o RE20. O microfone RE20 é um microfone cardióide dinâmico fabricado pela Electro-Voice. A FIG. 6 descreve a curva característica e seu diagrama polar.



Figura 5 - Detalhe da curva de resposta do microfone modelo 7012

Fonte - ACO PACIFIC, 2011, p. 1

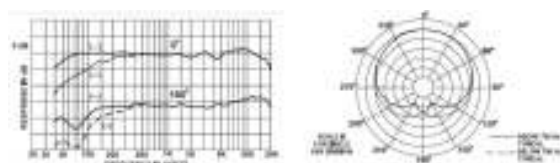


Figura 6 - Detalhe da curva de resposta do microfone modelo RE20

Fonte - ELECTRO VOICE, 2011

Com os microfones RE20 nos lugares, foram gerados tons “ruído rosa” com a caixa acústica ativa Yamaha HS50M. Esses tons foram captados em todos os estágios de ganho. Saída do microfone, cabo de entrada no pré de microfone, saída do pré de microfone e saída da console (mesa de áudio).

Além do espectro de frequência foi medido também o tempo de reverberação.

Reverberação é um efeito físico gerado pelo som, é a reflexão múltipla de uma frequência.

Ao acionar uma fonte sonora em um recinto fechado, as primeiras ondas geradas propagam-se até às paredes, sendo refletidas. Percorrem um caminho em zigue-zague por todas as direções. Nesse intervalo de tempo, a fonte emitiu novas ondas que se combinam com as anteriores. As vibrações sonoras aumentam

progressivamente de intensidade até alcançar um valor estacionário.

Dentro de um estúdio de locução como neste caso, as reflexões não são bem vindas.

O tempo de reverberação é muito discutido entre especialistas de qual o tempo ideal para cada ambiente. O tempo mais usado para estúdios de locução/gravação é de $TR < 0,25$ para frequências altas e médias e $TR < 0,5$ para frequências baixas. Neste caso foi feito uma média de todas as frequências.

Para medir o tempo de reverberação usa-se o RT_{60} .

Define-se tempo de reverberação (RT) de um recinto, como o intervalo de tempo expresso em segundos necessário para que a energia acústica nesse recinto decresça $1/1.000.00 = -60\text{dB}$ (daí RT_{60}) de seu valor original a contar do momento em que a fonte que produz a energia é desligada (Engenheiro Luiz Fernando Otero Cysne, no livro *A Bíblia Do Som*, capítulo 3, página 60).

Para o tempo de reverberação, foram usados apenas os microfones RE20 do local. Foi gerado um tom “sweep” de 2,7 segundos em cada microfone e captado o tempo de reverberação. O sweep (do inglês sweep: varrer) é uma varredura de todo o espectro de frequência do áudio.

Ao fim de todo esse processo, obtiveram os gráficos que serão mostrados e explicados no item 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo de caso vem demonstrar as medidas eletroacústicas do estúdio principal da Rádio Itatiaia.

Depois que foi feita uma reforma no estúdio principal de locução da Rádio Itatiaia, foi adicionado mais dois microfones e hoje existem 5 microfones para locução.

O tamanho físico do estúdio continuou o mesmo, portanto, com a adição de mais dois microfones, aparelhos de televisão, computadores, cadeiras, começou a ter problemas de realimentação de ondas estacionárias e conseqüentemente, problema acústico. Até mesmo quando um só microfone é utilizado, há problema de acústica, devido à reforma não ter sido feita com materiais e técnicas adequadas para o mesmo.

Desde que o estúdio principal da Rádio Itatiaia foi montado, nunca houve medições para que pudessem descrever suas características acústicas.

Há algum tempo, percebeu que existia uma variação do áudio entre alguns microfones do estúdio.

Com essas medições, pôde-se mostrar o espectro de frequência de cada microfone, se algum deles está respondendo de forma inadequada, o tempo de reverberação de cada um deles e com todos esses gráficos, pode atuar tanto no domínio da frequência, atuando em equipamentos como equalizadores gráficos e paramétricos compressores; como no domínio do tempo, fazendo transformações na parte física do local com materiais acústicos para possíveis correções.

4.1 CURVA DE FREQUÊNCIA DA CAIXA ACÚSTICA USANDO MICROFONE DE REFERÊNCIA COM RUÍDO ROSA

Os gráficos analisados abaixo descrevem a curva de frequência que o microfone de referência AcoPacific modelo 7012 junto com o Kit PS9200 captou com o sinal ruído rosa gerado pela caixa acústica.

A FIG. 7 apresenta a curva de resposta na posição 01.

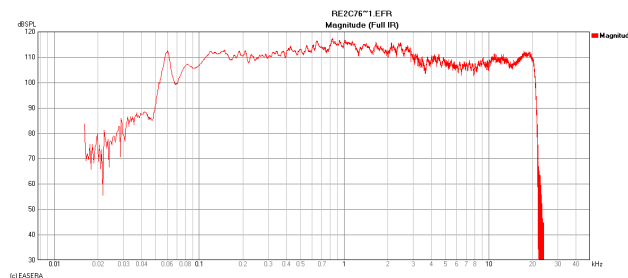


Figura 7 - Curva de resposta da posição 01
Fonte - EASERA, 2011

Pode-se observar que obtivemos um gráfico bem linear. Obtivemos um pico separado por volta de 60Hz que pode ter sido causado por uma ressonância do estúdio.

A FIG. 8, descreve o espectro captado pelo microfone na posição 2. Observa uma variação nas baixas frequências entre 50Hz e 200Hz que também pode ser fruto de uma acústica mal feita.

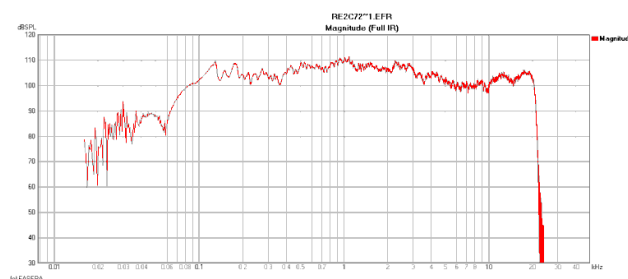


Figura 8 - Curva de resposta da posição 02
Fonte - EASERA, 2011

A posição 3 mostrada no gráfico da figura 9 descreve uma linearidade muito boa.

Lembra-se que esta etapa do processo é apenas para se adquirir o espectro de frequência gerado pela caixa acústica em cada posição com um microfone de referência aferido para que possamos detectar possíveis erros na acústica fazendo medições usando os microfones originais.

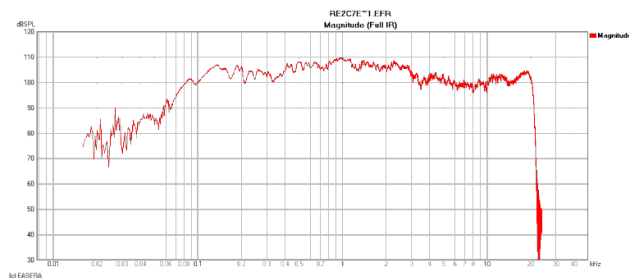


Figura 9 - Curva de resposta da posição 03

Fonte - EASERA, 2011

A FIG. 10 que se refere à posição 4, obteve o mesmo pico por volta de 60Hz e um pico por volta de 28Hz, e nas altas frequências uma pequena atenuação por volta de 3.7KHz.

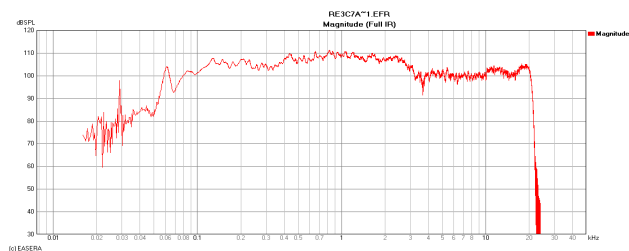


Figura 10 - Curva de resposta da posição 04

Fonte - EASERA, 2011

Obteve-se uma atenuação por volta de 32Hz na FIG. 11 que corresponde à posição 5 de microfone e o resto do espectro se manteve normal.

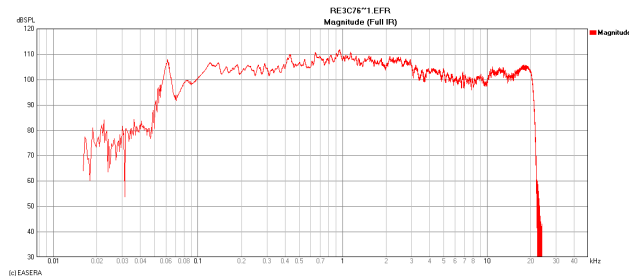


Figura 11 - Curva de resposta da posição 05

Fonte - EASERA, 2011

Uma vista mais ampla de todos os espectros de frequência pode-se avaliar na FIG. 12 que traz todos os gráficos sobrepostos.

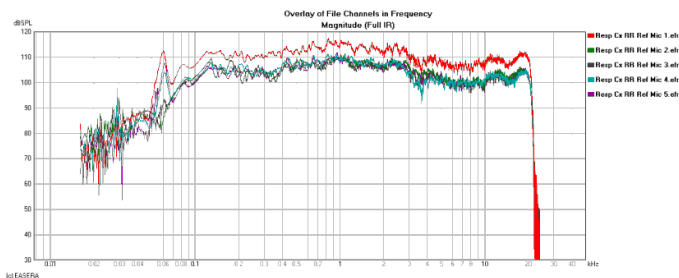


Figura 12 - Curva de resposta de todas as posições

Fonte - EASERA, 2011

4.2 CURVA DE RESPOSTA DE FREQUÊNCIA DA CAIXA ACÚSTICA USANDO MICROFONE ELECTRO-VOICE RE20 COM RUÍDO ROSA EM TODAS AS POSIÇÕES

Os gráficos seguintes foram gerados através da captação do ruído rosa gerado pela caixa acústica pelos microfones originais RE 20 que se usa no estúdio da Rádio Itatiaia em suas respectivas posições. Os mesmos foram ligados diretamente na placa de áudio.

Observa-se na FIG. 13 que de acordo com suas características de fabricação, o mesmo apresenta uma excelente resposta. Pode observar que por volta de 50Hz, 400Hz e 3.5KHz obteve algumas diferenças que podem ser corrigidas eletronicamente.

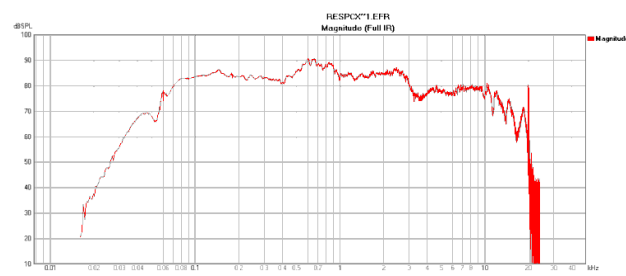


Figura 13 - Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, posição 01

Fonte - EASERA, 2011

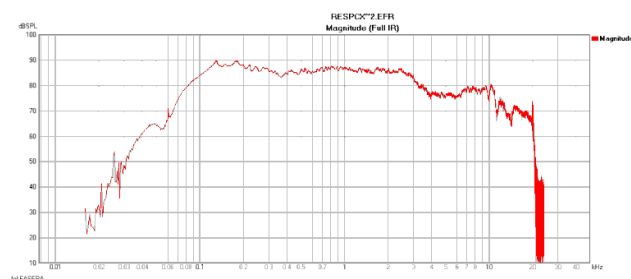


Figura 14 - Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, posição 02
Fonte - EASERA, 2011

A FIG. 14 acima demonstra o gráfico do microfone 02 e que também obteve uma excelente resposta do mesmo.

A FIG. 15 apresenta o gráfico do microfone RE20 03 e obteve uma boa linearidade nas baixas frequências e nas altas, por volta de 12KHz houve uma variação, porém, não se pode levar em consideração.

Como mostra na FIG. 16 abaixo, entre 3KHz e 4.5KHz houve uma atenuação, mas que se necessário pode atuar com um equalizador paramétrico e aliviar, e acima de 12KHz obteve variações imperceptíveis.

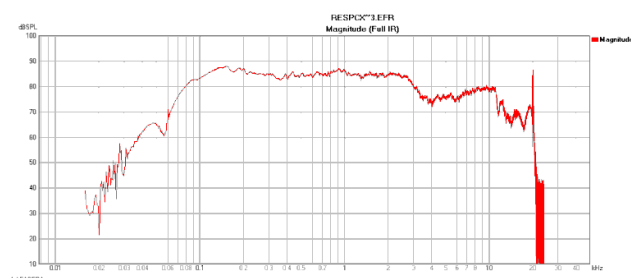


Figura 15 - Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, posição 03
Fonte - EASERA, 2011

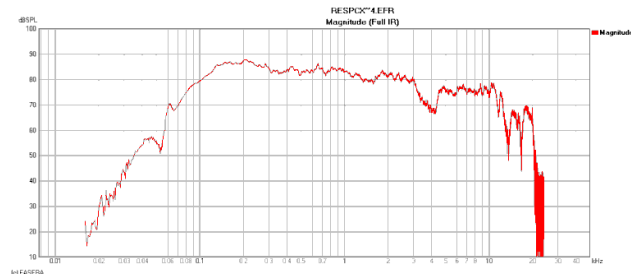


Figura 16 - Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, posição 04
Fonte - EASERA, 2011

No gráfico abaixo, mostrado abaixo na FIG. 17, tem o espectro de frequência captado pelo microfone 05. Um excelente gráfico sem nenhuma anomalia. Obteve uma atenuação por volta de 50Hz e um pico por volta de 60Hz.

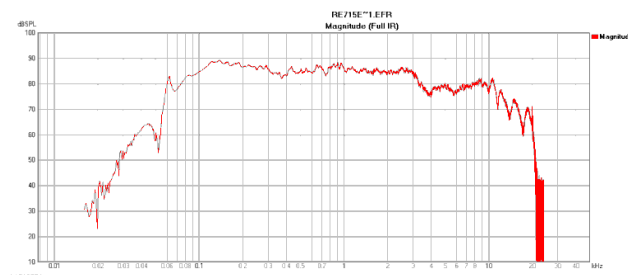


Figura 17 - Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, posição 05
Fonte - EASERA, 2011

O gráfico da FIG. 18 descreve o gráfico de todos os microfones RE20 sobrepostos para que se possa ter uma visualização melhor.

Observa-se que houve uma coerência entre todos os gráficos, o que é um excelente resultado.

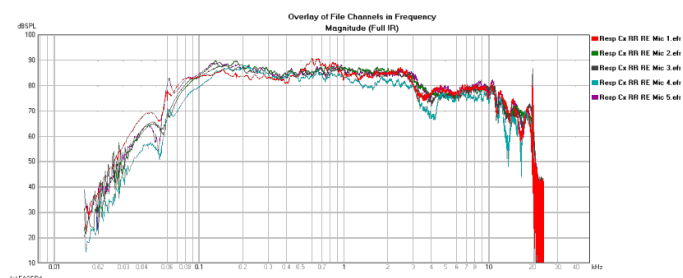


Figura 18 - Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, todas as posições
Fonte - EASERA, 2011

4.3 CURVA DE RESPOSTA DE FREQUÊNCIA DA CAIXA ACÚSTICA USANDO MICROFONE ELECTRO-VOICE RE20 COM RUÍDO ROSA – SAÍDA DO MICROFONE VERSUS A SAÍDA DA MESA DE ÁUDIO

Esta parte do estudo é muito importante, pois se pode ver a curva do microfone pura e a mesma depois que se passou por toda a estrutura de ganho.

A estrutura de ganho é o equilíbrio da amplitude do sinal em todos os seus estágios.

Ajustar a estrutura de ganhos é fazer com que a corrente elétrica do sinal de áudio esteja sempre compatível entre os diversos aparelhos do caminho, e ainda no melhor nível de trabalho possível. Um excesso de corrente causará distorção e até mesmo queima de componentes. Por outro lado, um sinal elétrico muito baixo traz diversas consequências ruins, como degradação da qualidade sonora causada pelo ruído de fundo inerente aos próprios equipamentos.

O caminho percorrido pelo sinal elétrico gerado pela bobina do microfone é o seguinte: sai do microfone, passa por um pré-amplificador de microfone que amplifica esse sinal e entrega na entrada da mesa de som. Retornou-se com esse sinal da saída da mesa de som para a entrada da placa de áudio e captou-se o gráfico.

O gráfico da FIG. 19 está relacionado com o microfone 01. Pode-se observar que o gráfico que está na cor verde é a saída da console (mesa de áudio) e o gráfico na cor vermelha é à saída do microfone. As diferenças visíveis que estão nos gráficos, são devido à equalização feita digitalmente na mesa de áudio. São compensações feitas para que se possa atingir um áudio adequado.

Neste microfone, observa que pouco se fez em relação à equalização. A diferença visível que se percebeu e que deverá ser percebida nos gráficos seguintes é a amplitude do sinal que nada mais é, do que um ganho de sinal que se obteve nos estágios de ganho.

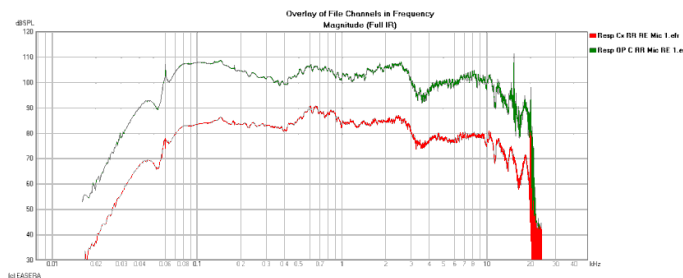


Figura 19 – Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, saída do microfone versus saída da mesa de áudio posição 01
Fonte - EASERA, 2011

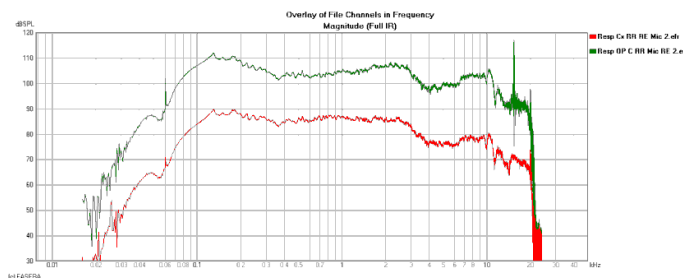


Figura 20 - Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, saída do microfone versus saída da mesa de áudio posição 02
Fonte - EASERA, 2011

O gráfico da FIG. 20 acima, que se refere ao microfone 02 e demonstra o mesmo que aconteceu com o microfone anterior. Apenas teve notavelmente o aumento do ganho.

Houve uma pequena diferença nas altas frequências 2.5KHz e 10KHz mas nada que dê uma grande diferença no áudio.

A FIG. 21 está relacionada ao microfone 03 e igualmente as anteriores não se visualizam mudanças drásticas a não ser a amplitude normal do áudio na saída da mesa de áudio.

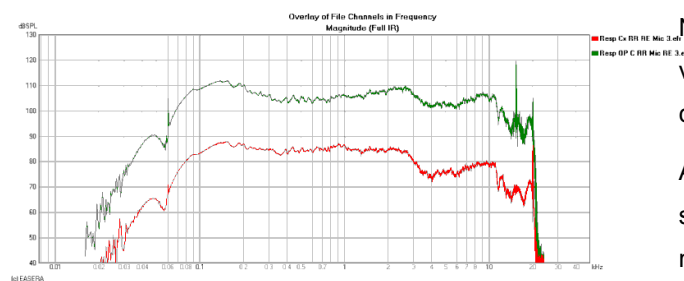


Figura 21 - Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, saída do microfone versus saída da mesa de áudio posição 03
Fonte - EASERA, 2011

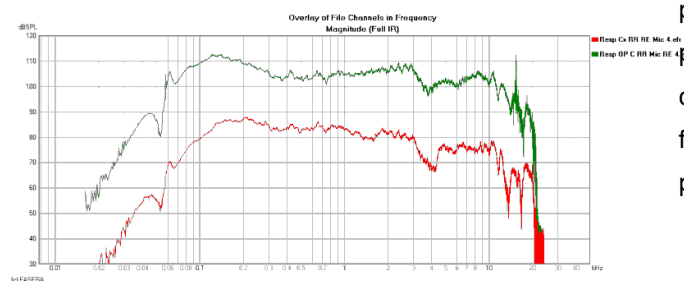


Figura 22 - Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, saída do microfone versus saída da mesa de áudio posição 04
Fonte - EASERA, 2011

A FIG. 22 demonstra o gráfico do microfone 04. Observa-se pequenas variações como entre 3KHz e 10KHz e mais uma vez observou a diferença de amplitude do sinal.

Abaixo, demonstrado na FIG. 23, está o gráfico do microfone 05. Pode-se descrever que aconteceu o mesmo do microfone 04. São variações quase que idênticas.

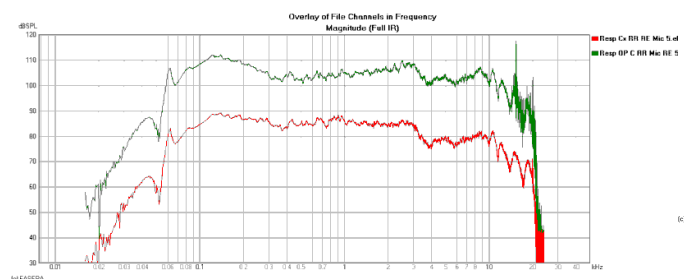


Figura 23 - Curva de resposta da caixa acústica com microfone RE20, saída do microfone versus saída da mesa de áudio posição 05
Fonte - EASERA, 2011

Nesta seção, observou que houve pequenas variações entre as saídas dos microfones comparadas com as saídas da mesa de áudio.

A variação mais percebida foi a da amplitude entre o sinal medido na saída do microfone com o sinal medido na saída da mesa de áudio. Pequenas variações de frequência entre os gráficos podem certamente ser ajustes feitos no equalizador digital da mesa de áudio, e também se pôde perceber em todos os gráficos da saída da mesa de áudio, um pico positivo por volta de 17KHz que pode ter sido gerado por algum equipamento do circuito, mas que neste caso não faz diferença por causa do espectro de frequência usado e também isso será filtrado nos processadores seguintes.

4.4 CURVA DE RESPOSTA DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Nesta seção, irá discutir os gráficos que demonstram o tempo de reverberação de todos os microfones originais do estúdio.

Abaixo na FIG. 24, está demonstrado o gráfico do tempo de reverberação do microfone 01. Observa-se que foi gasto 0,0462 segundos para a energia cair 70dB e se manteve estável, o que se torna aceitável dentro do que foi dito acima.

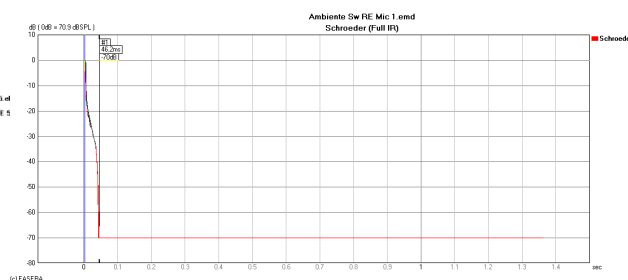


Figura 24 - Tempo de reverberação microfone 01
Fonte - EASERA, 2011

A FIG. 25 abaixo demonstra o tempo de reverberação do microfone 02. Observa-se que o tempo gasto foi de

0,0697 segundos para a energia cair 70dB o que também satisfaz bem as necessidades do estúdio.

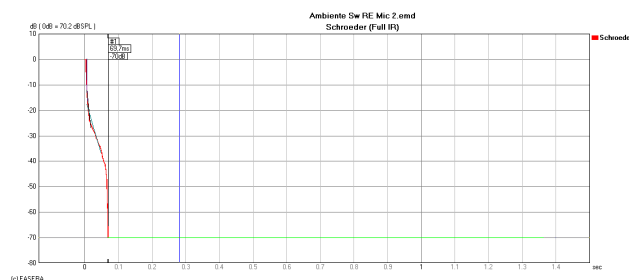


Figura 25 - Tempo de reverberação microfone 02
Fonte - EASERA, 2011

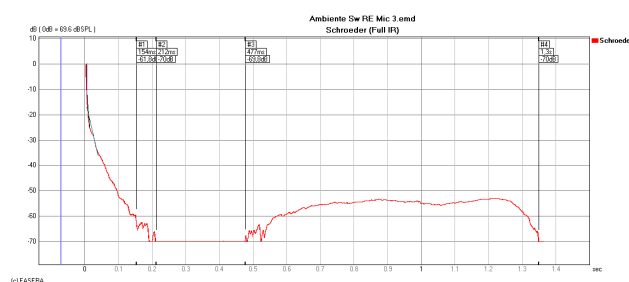


Figura 26 - Tempo de reverberação microfone 03
Fonte - EASERA, 2011

A figura 26 acima demonstra claramente uma acústica inadequada da posição 03 que se refere ao microfone 03.

Observa-se que para a energia cair 60dB, demorou 0,154 segundos e em 0,477 segundos a onda ganhou energia novamente e perdendo somente após 1,3 segundos. Isso não é adequado, pois se quer que quando a onda caia não ganhe energia novamente e com se diz na linguagem técnica “fantasma”.

Abaixo se tem o tempo de reverberação da posição 04 mostrado na FIG. 27. Observa-se que se gastou 0,123 segundos para cair apenas 50dB e 1,3 segundos para cair 60dB.

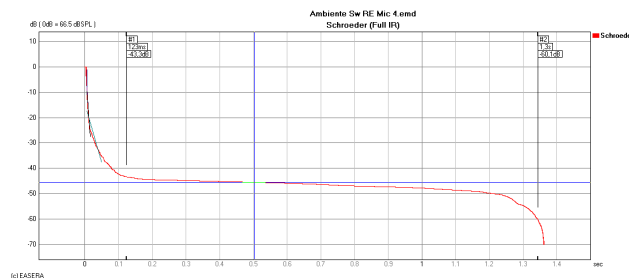


Figura 27 - Tempo de reverberação microfone 04
Fonte - EASERA, 2011

O gráfico da FIG 28 abaixo também está fora do que se deseja. Tem-se somente em 0,199 segundos uma queda de 50,4dB e somente em 1,3 segundos caiu os 60,3dB desejado.

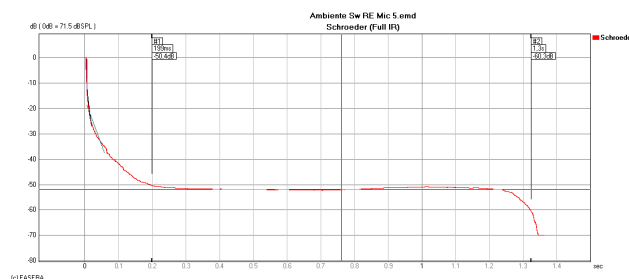


Figura 28 - Tempo de reverberação microfone 05
Fonte - EASERA, 2011

5 CONCLUSÃO

De acordo com os gráficos obtidos com todas as medições, conclui-se que em relação à perda de frequências, quase não houve discrepância em relação ao áudio original e o áudio na saída da mesa de áudio. Isso quer dizer que passando por todos os estágios de ganho, nenhum deles está filtrando ou ampliando exageradamente algumas das frequências que estão sendo geradas pela caixa acústica. Porém isso não quer dizer que a acústica está perfeita.

No que diz respeito à reverberação, observou-se uma reverberação muito alta nos microfones 03, 04 e 05 e isso implica em realimentação dos microfones com essas ondas estacionárias, o que não é bom para o propósito de um estúdio de locução.

Neste caso a intervenção terá que ser feita fisicamente no local, mudando materiais e reposicionamento de microfones.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Professora Arlete Vieira da Silva do curso de Engenharia Elétrica do UniBH, pelo

apoio. Agradecem, especialmente, à Rádio Itatiaia por permitir que fosse feito esses estudos para uma melhoria da qualidade de som dentro do estúdio principal de locução.

REFERÊNCIAS

BISTAFA, SYLVIO R.: *Acústica Aplicada ao Controle do Ruído, 1ª Edição.* Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 2006.

DO VALLE, SÓLON. *Microfones, 2ª Edição.* Ed. Música e Tecnologia. Rio de Janeiro, 2002.

_____. *Manual Prático de Acústica, 3ª Edição Revisada e Ampliada.* Ed. Música e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2009.

EASERA, *Electronic and Acoustic System Evaluation and Response Analysis*, Software Design Ahnert GmbH (SDA), AFMG (Ahnert Feistel Media Group). Berlim.

FERNANDES, JOÃO CANDIDO: *Acústica e Ruídos,* São Paulo, 2005.

CYSNE, LUIZ FERNANDO OTERO: *A Bíblia do Som.* São Paulo, 2006.

ACO ELETRO: *7052PH Phantom Powered Measurement Microphone System*, ACO Pacific, Inc.

FERRARETTO, LUIZ ARTUR: *Rádio, o veículo, a história e a técnica.* Ed. Sagra Luzzatto. Porto Alegre, 2001.